

**К. И. Луговая<sup>\*1</sup>, Д. Д. Обласова<sup>1</sup>,  
Р. И. Петров<sup>1</sup>, А. О. Слукина<sup>1</sup>, Н. А. Попов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

<sup>2</sup> Институт физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

\*k.i.lugovaya@urfu.ru,

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук А. А. Попов

## **ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ВЫДЕРЖЕК ПРИ СТАРЕНИИ НА ОБРАЗОВАНИЕ УПОРЯДОЧЕННОЙ ФАЗЫ $Ti_3Al$ В СПЛАВЕ $Ti-17Al$**

Исследованы процессы выделения частиц упорядоченной фазы  $Ti_3Al$  в сплаве системы  $Ti-Al$  после длительных выдержек при старении.

*Ключевые слова:* титановые сплавы, упорядочение, интерметаллиды.

**K. I. Lugovaya, D. D. Oblasova, R. I. Petrov, A. O. Slukina, N. A. Popov**

## **INFLUENCE OF LONG-TERM AGING ON PRECIPITATION OF ORDERED $Ti_3Al$ PHASE IN ALLOY $Ti-17Al$**

The processes of precipitation of the particles of ordered phase of  $Ti_3Al$  in the  $Ti-Al$  system alloy are investigated after long term aging.

*Key words:* titanium alloys, ordering, intermetallics.

Согласно литературным источникам, выделение в титановом сплаве упорядоченной  $\alpha_2$ -фазы приводит к упрочнению сплава и изменению механических свойств [1, 2]. Причиной этого может являться выделение вторых фаз. Материалом исследования служил двухфазный ( $\alpha + \alpha_2$ )-сплав  $Ti-17Al$  в литом состоянии.

В результате проведенных ранее исследований [3] получили, что после проведения закалки из однофазной  $\beta$ -области перед старением в структуре образцов сплава  $Ti-17Al$  (ат. %) происходит формирование дисперсных частиц  $\alpha_2$ -фазы порядка 5–10 нм, образующихся по механизму зарождения и роста. В свою очередь, проведение закалки с температуры 950 °С (однофазная  $\alpha$ -область) на электронограммах наблюдаются рефлексы  $\alpha_2$ -фазы. Проведение последующего старения

при температуре 500 °С приводит к формированию дисперсных частиц в структуре изучаемого сплава.

На следующем этапе исследования было принято решение увеличить температуру старения сплава до 650 °С, а время выдержки — до 150 и 300 ч. По результатам РСФА видно, что при увеличении времени выдержки при данной температуре происходит увеличение объемной доли  $\alpha_2$ -фазы. Электронно-микроскопическое исследование образцов после старения в течение 300 ч показало, что на электронограммах наблюдаются четкие яркие рефлексy упорядоченной фазы  $Ti_3Al$ . На полученных темнопольных изображениях по-прежнему наблюдали частицы упорядоченной  $\alpha_2$ -фазы, размеры которых увеличились по сравнению с предшествующими обработками и составили примерно 40–50 нм (рис. 1).

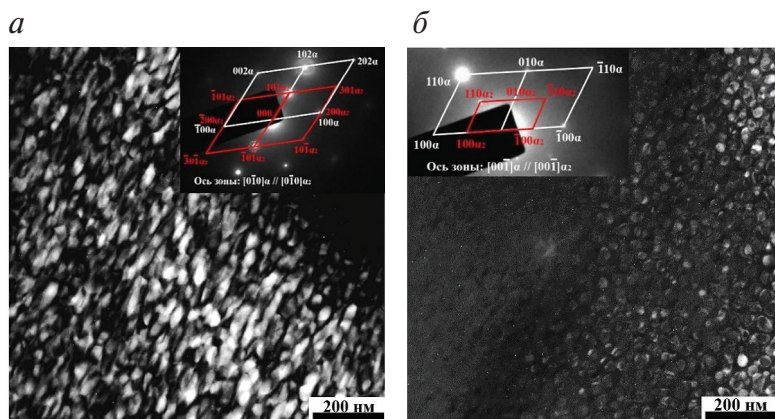


Рис. 1. Микроструктура сплава Ti–17Al после высокотемпературной обработки при 950 °С с выдержкой 1 ч (а) и старением при 650 °С с выдержкой 300 ч (б)

Установлено, что в процессе старения в сплаве Ti–17Al начинается выделение дисперсных частиц  $\alpha_2$ -фазы, а при увеличении температуры и времени старения происходит активный рост размера частиц  $\alpha_2$ -фазы.

*Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (№ 11.9547.2017/БЧ).*

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 The role of intermetallic precipitates in Ti-6222S/D. J. Evans [et al.]/Materials Science and Engineering: A. 1996. V. 213 (1–2). P. 37–44.
- 2 Lunt D. Effect of nanoscale  $\alpha_2$  precipitation on strain localisation in a two-phase Ti-alloy/D. Lunt [et al.]/Acta Materialia. 2017. V. 129. P. 72–82.
- 3 Popova M. A., Rossina N. G., Petrova K. I. Precipitation of  $\alpha_2$ -Phase in Titanium-Aluminum Alloys//Metal Science and Heat Treatment. 2015. V. 57, I. 7–8. P. 469–472.